



Studi Literatur Pengolahan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Proses Adsorpsi, Filtrasi, dan Elektrolisis

Fida Warad Sausan¹, Ainun Rahma Puspitasari², Dian Yanuarita P³

Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email: fidawrad3@gmail.com¹, ainunrahma935@gmail.com², dianyp@itats.ac.id³

Abstrak

Warna pada limbah cair industri tekstil dihasilkan berasal proses pewarnaan. Limbah cair yang berwarna ini jika di buang langsung akan menghambat proses transfer oksigen dibadan air. Tujuan dari studi literatur ini adalah mengetahui waktu kontak dan media penyerap yang terbaik pada metode adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis dalam pengolahan warna pada limbah cair industri tekstil. Metode adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis adalah metode yang sering digunakan pada pengolahan warna pada limbah cair industri tekstil. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan didapatkan hasil waktu kontak optimum dan media penyerap yang terbaik pada metode adsorpsi menggunakan media penyerap biosorben selama 30 menit mampu menyerap warna dengan efisiensi penyerapan 99,9%, metode filtrasi menggunakan media penyerap membran nanofiltrasi selama 480 menit mampu menyerap warna dengan efisiensi penyerapan 99,9% dan metode elektrolisis menggunakan media penyerap elektroda PbO₂, Al, C selama 120 menit mampu menyerap warna dengan efisiensi penyerapan 99,78%.

Kata kunci: Zat warna, Limbah Cair Industri Tekstil, Adsorpsi, Filtrasi, Elektrolisis, Persen Removal Warna

Abstract

The color of liquid waste produced by textile industry comes from coloring process. If colored liquid waste is directly thrown, it will hinder the transfer process of oxygen into the water. This literature study aimed at investigating the optimum contact time and the best adsorption media through the methods of adsorption, filtration, and electrolysis in the color management of liquid waste of textile industry. These three methods are used frequently for processing color of liquid waste of textile industry. The results of literature study indicated the optimum contact time and the best adsorption media as follows: adsorption method using bio sorbent medium for 30 minutes could adsorb color by efficiency 99.9%, filtration method using nano filtration membrane medium for 480 minutes could adsorb color by efficiency 99.9%, and electrolysis method through electrode media of PbO₂, Al, C for 120 minutes could adsorb color by efficiency 99.78%.

Keywords: *Color Substance, Textile Industry Liquid Waste, Adsorption, Filtration, Electrolysis, Color Removal Percentage*

A. PENDAHULUAN

Hampir semua sektor kegiatan yang dilakukan oleh manusia akan menghasilkan limbah, baik limbah cair maupun limbah padat. Sebagai manusia dituntut untuk melakukan cara agar dapat meminimalisir kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah tersebut. Zat pewarna banyak digunakan dalam industri seperti tekstil, kertas, plastik dan kulit untuk pewarnaan produk. Limbah yang berasal dari industri ini sering mengandung limbah zat warna dalam konsentrasi yang tinggi dan bersifat beracun sehingga sangat berbahaya untuk kesehatan dan lingkungan.

Zat warna merupakan gabungan zat organik yang tidak jenuh diantaranya senyawa hidrokarbon aromatik, fenol beserta turunannya dan beberapa senyawa hidrokarbon yang mengandung satu atau lebih gugus azo (-N=N-). Keberadaan gugus azo ini menyebabkan zat warna bersifat *non-biodegradable*, dimana zat pewarna ini dapat menyebabkan pencemaran badan air penerima karena susah untuk terurai (Wijaya et al., 2006). Zat warna sebenarnya dapat mengalami dekomposisi secara alami

di badan air penerima yang dibantu oleh cahaya matahari, akan tetapi intensitas sinar UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah sehingga menyebabkan dekomposisi berlangsung relatif lambat dan akumulasi zat warna ke dasar perairan atau tanah lebih cepat daripada fotodegradasinya (Al-Kdasi et al., 2004).

Berbagai cara dalam penanggulangan masalah limbah zat pewarna baik secara fisika maupun kimia telah banyak dilakukan dan dilaporkan seperti koagulasi kimia, lumpur yang diaktivasi, biodegradasi, oksidasi, pemisahan dengan membran, adsorpsi, elektrolisis dan fotodegradasi.

Penanggulangan masalah limbah zat pewarna baik secara fisika maupun kimia telah banyak dilakukan dan dilaporkan seperti adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis. Adsorpsi merupakan salah satu metode penyerapan fluida, cairan maupun gas dimana zat terserap (adsorbat) terikat oleh zat penyerap (adsorben) pada permukaannya, metode ini telah dilakukan oleh (Guo et al., 2019), (Eletta et al., 2018), (Abd-Elhamid et al., 2019), (Minisy et al., 2019), (Rana et al., 2019), (Adeyi et al., 2019), (FBA & M, 2016), (Ismail et al., 2019), (Hariani et al., 2019), (Fabbricino & Pontoni, 2016), (Huang et al., 2017), (Yin et al., 2017), (Ma et al., 2019), (Sharma et al., 2019). Filtrasi adalah suatu proses pemisahan dengan menggunakan media penyaringan yang menghasilkan filtrat dan residu (ampas), metode ini telah dilakukan oleh (Long et al., 2017), (Gunasegaran et al., 2020), (Zeng et al., 2017), (Kiswanto et al., 2019), (Komala et al., 2019), (Pratiwi & Gunawan, 2018), (Pramitasari, 2017). Elektrolisis adalah suatu proses pemisahan dengan menggunakan elektroda dimana terdapat dua sisi yaitu anoda dan katoda, metode ini telah dilakukan oleh (Arif & Malik, 2017), (Singh et al., 2017), (Setianingrum et al., 2018), (Bachtiar & Setiyo, 2015), (Darmawanti et al., 2010), (Triavia et al., 2016), (Haryono et al., 2018), (K & Hidayat,

2016). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses penyerapan warna limbah cair diantaranya pH, waktu kontak, konsentrasi, suhu, dan massa media penyerap. Maka dari itu kami akan mereview beberapa jurnal pengelolaan limbah cair industri tekstil yang mengandung zat warna dengan menggunakan metode proses adsorpsi, filtrasi, dan elektrolisis.

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut. (1) Berapa waktu kontak yang terbaik untuk metode adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis dalam pengolahan warna pada limbah cair industri tekstil yang ditinjau dari persen *removal* warna?; (2) Apa media penyerap yang terbaik untuk metode adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis dalam pengolahan warna pada limbah cair industri tekstil yang ditinjau dari persen *removal* warna?.

Tujuan dari studi literatur ini (1) Mengetahui waktu kontak yang terbaik untuk metode adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis dalam pengolahan warna pada limbah cair industri tekstil yang ditinjau dari persen *removal* warna; dan (2) Mengetahui media penyerap yang terbaik untuk metode adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis dalam pengolahan warna pada limbah cair industri tekstil yang ditinjau dari persen *removal* warna.

Manfaat dari studi literatur ini adalah (1) Dapat mengetahui waktu kontak dan media penyerap yang terbaik dalam pengolahan warna pada limbah cair industri tekstil agar aman ketika dibuang ke badan air; dan (2) Dengan dilakukannya studi literatur ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan baru tentang pengolahan warna pada limbah cair industri tekstil dengan berbagai jenis metode proses dan dapat melakukan proses pengembangan lebih lanjut.

B. METODE

1. Prosedur Penelitian Adsorpsi

- 1) Adsorben yang telah disiapkan dan ditimbang dengan variasi massa 41,26 dan 6,12 mg (Guo et al., 2019); 0,5-2,5 g (Eletta et al., 2018); 25-100 mg (Abd-Elhamid et al., 2019); 50 mg (Minisy et al., 2019); 0,5-2 g (Rana et al., 2019); 0,3-0,5 g (Adeyi et al., 2019); 0,5- 2,5 g (FBA & M, 2016); 0,2-1 g (Ismail et al., 2019); 0,1 g (Hariani et al., 2019); 1,7-3,2 mg (Fabbricino & Pontoni, 2016); 0,04-1 g (Huang et al., 2017); 25-50 mg (Yin et al., 2017); 0,01-0,3 g (Ma et al., 2019); 12,5-100 g (Sharma et al., 2019).
- 2) Adsorben dimasukkan dalam sampel limbah cair industri tekstil dengan variasi konsentrasi 5-10 mg/L (Guo et al., 2019); 100-500 ppm (Abd-Elhamid et al., 2019); 5-50 ppm (Rana et al., 2019); 20-100 mg/L (Adeyi et al., 2019); 10-30 ppm (Ismail et al., 2019); 10-100 mg/L (Hariani et al., 2019); 50-350 mg/L (Huang et al., 2017); 0,00001 M (Yin et al., 2017).
- 3) Kondisi pH larutan diatur dengan variasi pH 2-8,7 (Abd-Elhamid et al., 2019); 2-12 (Minisy et al., 2019); 2-9 (Rana et al., 2019); 5-11 (Adeyi et al., 2019); 5-9 (FBA & M, 2016); 3-8 (Hariani et al., 2019); 6,5 (Fabbricino & Pontoni, 2016); 4-9 (Yin et al., 2017).
- 4) Kondisi suhu diatur pada variasi 25°C (Guo et al., 2019); 25°C (Eletta et al., 2018); 25-70°C (Abd-Elhamid et al., 2019); 25°C (Minisy et al., 2019); 25°C (Rana et al., 2019); 25-55°C (Adeyi et al., 2019); 25°C (Ismail et al., 2019); 25°C (Fabbricino & Pontoni, 2016); 25°C (Sharma et al., 2019).
- 5) Diaduk dengan kecepatan konstan selama 2-180 menit (Guo et al., 2019); 100-300 rpm selama 30-120 menit (Eletta et al., 2018); 500 rpm

selama 10 menit (Abd-Elhamid et al., 2019); 300 rpm selama 1-60 menit (Minisy et al., 2019); 150 rpm selama 120 menit (Rana et al., 2019); 100 rpm selama 30-120 menit (Adeyi et al., 2019); konstan selama 30-120 menit (FBA & M, 2016); 150 rpm selama 10-50 menit (Ismail et al., 2019); konstan selama 15-90 menit (Hariani et al., 2019); konstan selama 15-240 menit (Fabbicino & Pontoni, 2016); konstan selama 10-130 menit (Huang et al., 2017); 200 rpm selama 5-30 menit (Yin et al., 2017); 300 rpm selama 10-60 menit (Ma et al., 2019); 150 rpm selama 3-30 menit (Sharma et al., 2019).

- 6) Filtrat disaring dan diambil untuk dianalisis kandungan warnanya.

2. Prosedur Penelitian Filtrasi

- 1) Sampel limbah cair industri tekstil dimasukkan dengan variasi konsentrasi 1000 ppm (Long et al., 2020); 0,5-100 mg/L (Gunasegaran et al., 2020); 100 ppm (Zeng et al., 2017).
- 2) Kondisi pH sampel limbah cair industri dimasukkan dengan variasi 2-12 (Gunasegaran et al., 2020).
- 3) Sampel limbah cair industri dimasukkan kedalam reaktor yang telah diisi membran.
- 4) Kondisi suhu dalam reaktor diatur dengan variasi suhu 25°C (Long et al., 2020); 25°C (Ji et al., 2019).
- 5) Kondisi tekanan dan waktu kontak dalam reaktor diatur dengan variasi tekanan 4 bar selama 30 menit (Long et al., 2020); 1 atm selama 4 jam (Gunasegaran et al., 2020); 0,1-0,6 MPa selama 30 menit (Ji et al., 2019); 0,1-0,3 MPa selama 30 menit (Zeng et al., 2017); 4-6 bar selama 15-180 menit (Kiswanto et al., 2019); 1,5 atm selama 60 menit

(Komala et al., 2019); 1 atm selama 30 menit (Pratiwi & Gunawan, 2018); 1 atm selama 20-100 menit (Pramitasari, 2017).

6) Filtratnya diambil untuk dianalisis kandungan warnanya.

3. Prosedur Penelitian Elektrolisis

- 1) Sampel limbah cair industri tekstil dimasukkan dengan variasi konsentrasi 100 ppm (Arif & Malik, 2017); 100 ppm (Setianingrum et al., 2018).
- 2) Kondisi pH sampel limbah cair industri diatur dengan variasi 4-10 (Arif & Malik, 2017); 6-7 (K & Hidayat, 2016); 2-8 (Triavia et al., 2016); 4-12 (Darmawanti et al., 2010); 1-5 (Bachtiar & Setiyo, 2015).
- 3) Sampel limbah cair industri dimasukkan kedalam reaktor yang telah diisi elektroda.
- 4) Kondisi tegangan listrik dan waktu kontak dalam reaktor diatur dengan variasi tegangan 20 volt selama 15-45 menit (Arif & Malik, 2017); 4-12 volt selama 3-15 menit (Singh et al., 2017); 12-15 volt selama 10-120 menit (K & Hidayat, 2016); 10 dan 15 volt selama 10-60 menit (Setianingrum et al., 2018); 3,47-5,53 volt selama 10-120 menit (Triavia et al., 2016); 6-12 volt selama 30-60 menit (Haryono et al., 2018); 1-10 volt selama 10-30 menit (Darmawanti et al., 2010); 0-7 volt selama 15-150 menit (Bachtiar & Setiyo, 2015).
- 5) Filtratnya disaring dan diambil untuk dianalisis kandungan warnanya.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari studi literatur yang telah telah dilakukan pada penelitian-penelitian terdahulu didapatkan hasil persen *removal* warna

pada limbah cair industri tekstil berdasarkan metode proses yang digunakan pada setiap penelitian, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Hasil Studi Literatur

Metodologi	Media Penyerap	Hasil	Nama Peneliti
Adsorpsi	Biosorben	82%	Guo, dkk (2017)
	Karbon Aktif	98,5%	Eletta, dkk (2018)
	Biosorben	Methylene blue: 47,82 mg/g Crystal violet: 35,71 mg/g	Abd-Elhamid, Gomaa & Magda (2019)
	Biosorben	Acid green: 240,4 mg/g Methylene blue: 81,3 mg/g	Minisy, N & M (2018)
	Karbon Aktif	60%	Rana, Gyanendra & Navneet (2019)
	Biosorben	270 mg/g	Adeyi, dkk (2019)
	Biosorben	± 96%	FBA & Akter (2016)
	Biosorben	75,85%	Ismail, dkk (2019)
	Biosorben	42,107 mg/g	Hariani, Fahma & Asri (2019)
	Biosorben	90%	Fabbricino & Ludovico (2016)
	Biosorben	Rhodamine B: 173,5 mg/g Acid Red 1: 157,4 mg/g	Huang, dkk (2017)
	Biosorben	Rhodamine B: 121,8 mg/g Methylene blue: 93,5mg/g Congo red: 104,5 mg/g Methylene green: 88,3 mg/g	Yin, Shuo & Huaqiang (2017)
	Biosorben	Congo red: 99,9% Methylene blue: 99,7% Rhodamine B: 86,9%	Ma, dkk (2018)
	Biosorben	70%	Sharma, dkk (2019)
	Filtrasi	Membran nanofiltrasi	>99%
Membran polymer inclusion		99,62%	Gunasegaran, Suganthi & Noor (2020)
Membran nanofiltrasi		99,9%	Ji, dkk (2019)
Membran PVDF/ HNTs		Direct red: 86,5% Direct yellow: 28,85% Direct blue: 03,7%	Zeng, dkk (2017)
Membran nanofiltrasi		98,29%-99,87%	Kiswanto, Laila & Wintah (2019)
Membran keramik		94%	Komala, Dian & Gusti (2019)

Metodologi	Media Penyerap	Hasil	Nama Peneliti
Elektrolisis	Membran silika	52,68%	Pratiwi, Bohari & Rahmat (2018)
	Membran silika dan zeolit	92,68%	Pramitasari & Alia (2017)
	Karbon, besi	75,3%	Arif & Shahid (2017)
	Fe, SS, Al	96%	Singh, Manpreet & Akepati (2017)
	Al	97,2%	Setianingrum, Agus & Santo (2017)
	PbO ₂ , Cu	97,98%	Triavia, Didik & Abdul (2016)
	Stainless steel, aluminium	93,3%	Haryono, dkk (2018)
	Besi	98,53%	Darmawanti, Suhartana & Didik (2010)
	PbO ₂ , Pb	95,7%	Bachtiar & Didik (2015)
	PbO ₂ , C dan Al	99,78%	K, Muslikhin & Moh (2016)

Studi literatur ini dibuat memiliki tujuan untuk mengetahui metode yang tepat untuk penyerapan warna pada limbah cair industri tekstil dan waktu kontak terbaik yang dapat digunakan pada metode proses adsorpsi, filtrasi, dan elektrolisis. Telah banyak diketahui bahwa kandungan warna pada limbah cair dapat mencemari lingkungan dan merusak ekosistem pada air. Ada beberapa limbah cair industri yang mengandung warna yaitu limbah cair industri tekstil, makanan, minuman, dsb. Metode yang dapat digunakan untuk penyerapan warna pada limbah cair dapat digunakan proses adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis.

Menurut (Islam et al., 2019) optimalisasi parameter sangat penting untuk kinerja penghilangan pewarna maksimum dalam skala besar. Ada beberapa faktor yang mampu menghilangkan pewarna; waktu kontak, pH larutan, konsentrasi pewarna awal, jumlah adsorben dan suhu.

Setelah dilakukan studi literatur didapatkan tiga metode untuk mengolah limbah cair warna industri yaitu adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis. Perbedaan dari masing-masing jurnal penelitian terdahulu didapat salah satunya adalah media penyerap dan waktu kontak yang digunakan.

1. Pengaruh Waktu Kontak dan Media Penyerap dalam Penyerapan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil

Penyerapan warna pada limbah cair industri tekstil tergantung pada metode proses dan media penyerap yang digunakan, akan tetapi ada salah satu faktor yang sangat mempengaruhi dalam penyerapan warna pada limbah cair industri tekstil yaitu waktu kontak yang digunakan saat proses penyerapan. Setelah dilakukan studi literatur dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak yang digunakan dapat mempengaruhi persen *removal* warna pada metode proses adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis. Metode proses adsorpsi pada penelitian (Rana et al., 2019) yang berjudul “*Potential of Cellulose Acetate for the Removal of Methylene Blue Dye from Aqueous Streams*” media penyerap yang digunakan yaitu karbon aktif dengan kondisi operasi suhu 25°C dan waktu kontak selama 260 menit sehingga didapatkan persen *removal* warna sebesar 60%, sedangkan pada penelitian (Ma et al., 2019) yang berjudul “*Ultrahigh Adsorption Capacities for Anionic and Cationic Dyes from Wastewater Using Only Chitosan*” media penyerap yang digunakan yaitu biosorben dengan kondisi operasi suhu 25°C dan waktu kontak optimal 30 menit sehingga didapatkan persen *removal* warna sebesar 99,9%. Metode proses filtrasi pada penelitian (Pratiwi & Gunawan, 2018) yang berjudul “*Pembuatan Membran Silika Dan Fly Ash Batubara Untuk Penurunan Intensitas Warna Dari Limbah Cair Industri Sarung Samarinda*” media penyerap yang digunakan yaitu membran silika dengan kondisi operasi suhu 25°C, tekana

1 atm dan waktu kontak selama 30 menit sehingga didapatkan persen *removal* warna sebesar 52,68%, sedangkan pada penelitian (Ji et al., 2019) yang berjudul “*Preparation Of High-Flux PSF/GO Loose Nanofiltration Hollow Fiber Membranes With Dense-Loose Structure For Treating Textile Wastewater*” media penyerap yang digunakan yaitu membran nanofiltrasi dengan kondisi operasi suhu 25°C, tekanan 0,2 MPa dan waktu kontak optimal 480 menit sehingga didapatkan persen *removal* warna sebesar 99,9%. Metode proses elektrolisis pada penelitian (Arif & Malik, 2017) yang berjudul “*Removal Of Dye From Textile Wastewater By Electrolytic Treatment*” media penyerap yang digunakan yaitu karbon dan besi dengan kondisi operasi suhu 25°C, tegangan 20 volt dan waktu kontak selama 45 menit sehingga didapatkan persen *removal* warna sebesar 75,3%, sedangkan pada penelitian (K & Hidayat, 2016) yang berjudul “*Integrasi Proses Elektrokoagulasi-Elektrooksidasi Sebagai Alternatif Dalam Pengolahan Limbah Cair Batik Zat Warna Naftol*” media penyerap yang digunakan yaitu PbO₂, C, Al dengan kondisi operasi suhu 25°C, tegangan 15 volt dan waktu kontak optimal 120 menit sehingga didapatkan persen *removal* warna sebesar 99,78%. Menurut (Islam et al., 2019) efek waktu kontak yang dilakukan selama penghilangan warna dengan menyiapkan sampel limbah yang mengandung konsentrasi pewarna dan media penyerap yang telah diketahui kemudian sampel diambil pada variabel waktu yang telah ditetapkan. Semakin lama waktu kontak maka jumlah penghilangan warna juga akan meningkat hingga mencapai kondisi optimum pada proses penyerapan warna, dan ketika media penyerap telah berada pada kondisi jenuh (konsentrasi media penyerap tidak mengalami perubahan karena permukaan media telah dipenuhi oleh zat warna yang telah diserap) akan mengalami desorpsi (pelepasan molekul yang telah diserap).

2. Penyerapan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Proses Adsorpsi

Pada metode proses adsorpsi terdapat dua media penyerap yang digunakan yaitu karbon aktif yang pernah dilakukan oleh [(Eletta et al., 2018) dan (Rana et al., 2019)] dan biosorben yang pernah dilakukan oleh [(Guo et al., 2019); (Abd-Elhamid et al., 2019); (Minisy et al., 2019); (Adeyi et al., 2019); (FBA & M, 2016); (Ismail et al., 2019); (Hariani et al., 2019); (Fabbricino & Pontoni, 2016); (Huang et al., 2017); (Yin et al., 2017); (Ma et al., 2019); (Sharma et al., 2019)].

3. Penyerapan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Proses Filtrasi

Pada metode proses filtrasi terdapat beberapa media penyerap yang digunakan yaitu membran nanofiltrasi yang pernah dilakukan oleh [(Long et al., 2020); (Ji et al., 2019); (Kiswanto et al., 2019)], membran *polymer inclusion* yang pernah dilakukan (Gunasegaran et al., 2020), membran PVDF/HNTs yang pernah dilakukan oleh (Zeng et al., 2017), membran keramik yang pernah dilakukan oleh (Komala et al., 2019) dan membran silika yang pernah dilakukan (Pratiwi & Gunawan, 2018), akan tetapi pada penelitian (Pramitasari, 2017) ditambahkan zeolit dalam pembuatan membrannya.

4. Penyerapan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Proses Elektrolisis

Pada metode proses elektrolisis terdapat beberapa media penyerap yang digunakan yaitu elektroda karbon dan besi yang pernah dilakukan oleh (Arif & Malik, 2017), elektroda Fe, SS, Al yang pernah dilakukan oleh

(Singh et al., 2017), elektroda Al yang pernah dilakukan oleh (Setianingrum et al., 2018), elektroda PbO₂ dan Cu yang pernah dilakukan oleh (Triavia et al., 2016), elektroda *Stainless steel* dan aluminium yang pernah dilakukan oleh (Haryono et al., 2018), elektroda besi yang pernah dilakukan (Darmawanti et al., 2010), elektroda PbO₂ dan Pb yang pernah dilakukan (Bachtiar & Setiyo, 2015) dan elektroda PbO₂, karbon, Al yang pernah dilakukan oleh (K & Hidayat, 2016).

D. PENUTUP

Simpulan dan Saran

Hasil studi literatur dari jurnal penelitian terdahulu, penggunaan waktu kontak terbaik pada metode adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis yaitu 30, 480 dan 120 menit didapatkan persen *removal* warna sebesar 99,9; 99,9 dan 99,78% dan untuk penggunaan media penyerap terbaik pada metode adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis yaitu biosorben, membran nanofiltrasi dan elektroda PbO₂, Al, C didapatkan persen *removal* warna sebesar 99,9; 99,9 dan 99,78%.

Pada masing-masing metode diperlukan pengembangan penelitian lebih lanjut dan penggunaan metode harus disesuaikan dengan zat warna yang akan diserap.

DAFTAR PUSTAKA

Abd-Elhamid, A. I., El Fawal, G. F., & Akl, M. A. (2019). Methylene blue and crystal violet dyes removal (as a binary system) from aqueous solution using local soil clay: Kinetics study and equilibrium isotherms. *Egyptian Journal of Chemistry*, 62(3), 941–954. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2018.4113>. 1360.

Adeyi, A. A., Jamil, S. N. A. M., Abdullah, L. C., & Choong, T. S. Y.

- (2019). Adsorption of malachite green dye from liquid phase using hydrophilic thiourea-modified poly(acrylonitrile-co-acrylic acid): Kinetic and isotherm studies. *Journal of Chemistry*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4321475>.
- Al-Kdasi, A., Idris, A., Saed, K., & Guan, C. T. (2004). Treatment of textile wastewater by advanced oxidation processes— A review. *Global Nest Journal*, 6(1), 222–230.
- Arif, M. S., & Malik, S. R. (2017). Removal of Dye from Textile Wastewater by Electrolytic Treatment. *NFC-IEFR Journal of Engineering and Scientific Research*, 5(1). <https://doi.org/10.24081/nijesr.2017.1.0001>
- Bachtiar, I., & Setiyo, D. (2015). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Elektrokolorisasi Limbah Cair Pabrik Tekstil di Wilayah*. 18(3), 85–90.
- Darmawanti, T., Suhartana, S., & Widodo, D. S. (2010). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metoda Elektrokogulasi Menggunakan Besi Bekas Sebagai Elektroda. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 13(1), 18–24. <https://doi.org/10.14710/jksa.13.1.18-24>
- Eletta, O. A. A., Mustapha, S. I., Ajayi, O. A., & Ahmed, A. T. (2018). Optimization of dye removal from textile wastewater using activated carbon from sawdust. *Nigerian Journal of Technological Development*, 15(1), 26. <https://doi.org/10.4314/njtd.v15i1.5>
- Fabbricino, M., & Pontoni, L. (2016). Use of non-treated shrimp-shells for textile dye removal from wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(4), 4100–4106. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.08.028>
- FBA, R., & M, A. (2016). Removal of Dyes Form Textile Wastewater by Adsorption using Shrimp Shell. *International Journal of Waste Resources*, 6(3). <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000244>
- Gunasegaran, M., Ravi, S., & Shoparwe, N. F. (2020). Kinetic Studies of Reactive Orange 16 (RO16) Dye Removal from Aqueous Solution

using PIMs. *Journal of Physics: Conference Series*, 1529(5).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/5/052003>

Guo, R., Wang, R., Yin, J., Jiao, T., Huang, H., Zhao, X., Zhang, L., Li, Q., Zhou, J., & Peng, Q. (2019). Fabrication and highly efficient dye removal characterization of beta-cyclodextrin-based composite polymer fibers by electrospinning. *Nanomaterials*, 9(1).
<https://doi.org/10.3390/nano9010127>

Hariani, P. L., Riyanti, F., & Kurniaty, A. (2019). Modification of cellulose with acetic acid to removal of methylene blue dye. *Journal of Physics: Conference Series*, 1282(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1282/1/012079>

Haryono, H., Faizal D, M., Liamita N, C., & Rostika, A. (2018). Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 3(1), 94. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v3i1.2625>

Huang, Z., Li, Y., Chen, W., Shi, J., Zhang, N., Wang, X., Li, Z., Gao, L., & Zhang, Y. (2017). Modified bentonite adsorption of organic pollutants of dye wastewater. *Materials Chemistry and Physics*, 202, 266–276. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2017.09.028>

Islam, M. A., Ali, I., Karim, S. M. A., Hossain Firoz, M. S., Chowdhury, A. N., Morton, D. W., & Angove, M. J. (2019). Removal of dye from polluted water using novel nano manganese oxide-based materials. *Journal of Water Process Engineering*, 32(August), 100911. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100911>

Ismail, M. I., Fadzil, M. S. M., Rosmadi, N. N. F., Razali, N. R. A. M., & Mohamad Daud, A. R. (2019). Acid treated corn stalk adsorbent for removal of alizarin yellow dye in wastewater. *Journal of Physics: Conference Series*, 1349(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012105>

Ji, D., Xiao, C., An, S., Zhao, J., Hao, J., & Chen, K. (2019). Preparation of high-flux PSF/GO loose nanofiltration hollow fiber membranes with dense-loose structure for treating textile wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 363(November 2018), 33–42.

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.01.111>

- K, F. N., & Hidayat, M. (2016). Integrasi Proses Elektrokoagulasi-Elektrooksidasi sebagai Alternatif dalam Pengolahan Limbah Cair Batik Zat Warna Naftol. *Jurnal Rekayasa Proses*, 10(1), 29–34. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.34425>
- Kiswanto, Rahayu, L. N., & Wintah. (2019). Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan. *Jurnal LITBANG Kota Pekalongan*, 17, 72–82. <https://jurnal.pekalongankota.go.id/index.php/litbang/article/download/109/107>
- Komala, R., Dewi, D. S., & Hajiansyah, G. (2019). ISSN : 2355-3553 *Jurnal Ilmiah “TEKNIKA” PENGOLAHAN LIMBAH PEWARNA BATIK Fakultas Teknik Universitas IBA ISSN : 2355-3553*. 5(2), 159–168.
- Long, Q., Zhang, Z., Qi, G., Wang, Z., Chen, Y., & Liu, Z. Q. (2020). Fabrication of Chitosan Nanofiltration Membranes by the Film Casting Strategy for Effective Removal of Dyes/Salts in Textile Wastewater. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 8(6), 2512–2522. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b07026>
- Ma, H., Kong, A., Ji, Y., He, B., Song, Y., & Li, J. (2019). Ultrahigh adsorption capacities for anionic and cationic dyes from wastewater using only chitosan. *Journal of Cleaner Production*, 214, 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.217>.
- Minisy, I. M., Salahuddin, N. A., & Ayad, M. M. (2019). Chitosan/polyaniline hybrid for the removal of cationic and anionic dyes from aqueous solutions. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(6), 1–12. <https://doi.org/10.1002/app.47056>.
- Pramitasari, N. (2017). Pemanfaatan Zeolit Dan Silika Sebagai Material Warna Limbah Cair Batik Zeolite and Silica As Material for Filter Membrane To Remove Color From Batik Wastewater. *Jurnal Purifikasi*, 17(1), 11–21.
- Pratiwi, K., & Gunawan, R. (2018). *Synthesis of Silica Membrane Using*

Coal Fly Ash To Decrease Colour. 03(1).

- Rana, J., Goindi, G., & Kaur, N. (2019). Potential of cellulose acetate for the removal of methylene blue dye from aqueous streams. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(10), 1379–1382. <https://doi.org/10.35940/ijitee.I8628.0881019>
- Setianingrum, N. P., Prasetya, A., & Sarto, S. (2018). Pengurangan Zat Warna Remazol Red Rb Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Secara Batch. *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(2), 78. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.26900>
- Sharma, A., Syed, Z., Brighu, U., Gupta, A. B., & Ram, C. (2019). Adsorption of textile wastewater on alkali-activated sand. *Journal of Cleaner Production*, 220, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.236>
- Singh, H., Bhatti, M. S., & Reddy, A. S. (2017). Decolourization of textile dyebath chloride rich wastewater by electrolytic processes. *International Journal of Electrochemical Science*, 12(5), 3662–3674. <https://doi.org/10.20964/2017.05.63>
- Triavia, I., Widodo, D. S., & Haris, A. (2016). Elektrokolorisasi Limbah Cair Zat Warna Batik di Kota Solo dengan Elektroda PbO₂/Cu. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(1), 11. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.1.11-14>
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., & Kurniaysih, D. (2006). Kimia Fisika FMIPA UGM, Sekip Utara, Yogyakarta 2 Pusat Studi Lingkungan Hidup, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 3 Jurusan Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia 1,4 Laboratorium. *Teknoin*, 11(3), 199–209.
- Yin, W., Hao, S., & Cao, H. (2017). Solvothermal synthesis of magnetic CoFe₂O₄/rGO nanocomposites for highly efficient dye removal in wastewater. *RSC Advances*, 7(7), 4062–4069. <https://doi.org/10.1039/c6ra26948f>
- Zeng, G., Ye, Z., He, Y., Yang, X., Ma, J., Shi, H., & Feng, Z. (2017).

Application of dopamine-modified halloysite nanotubes/PVDF blend membranes for direct dyes removal from wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 323, 572–583. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.04.131>